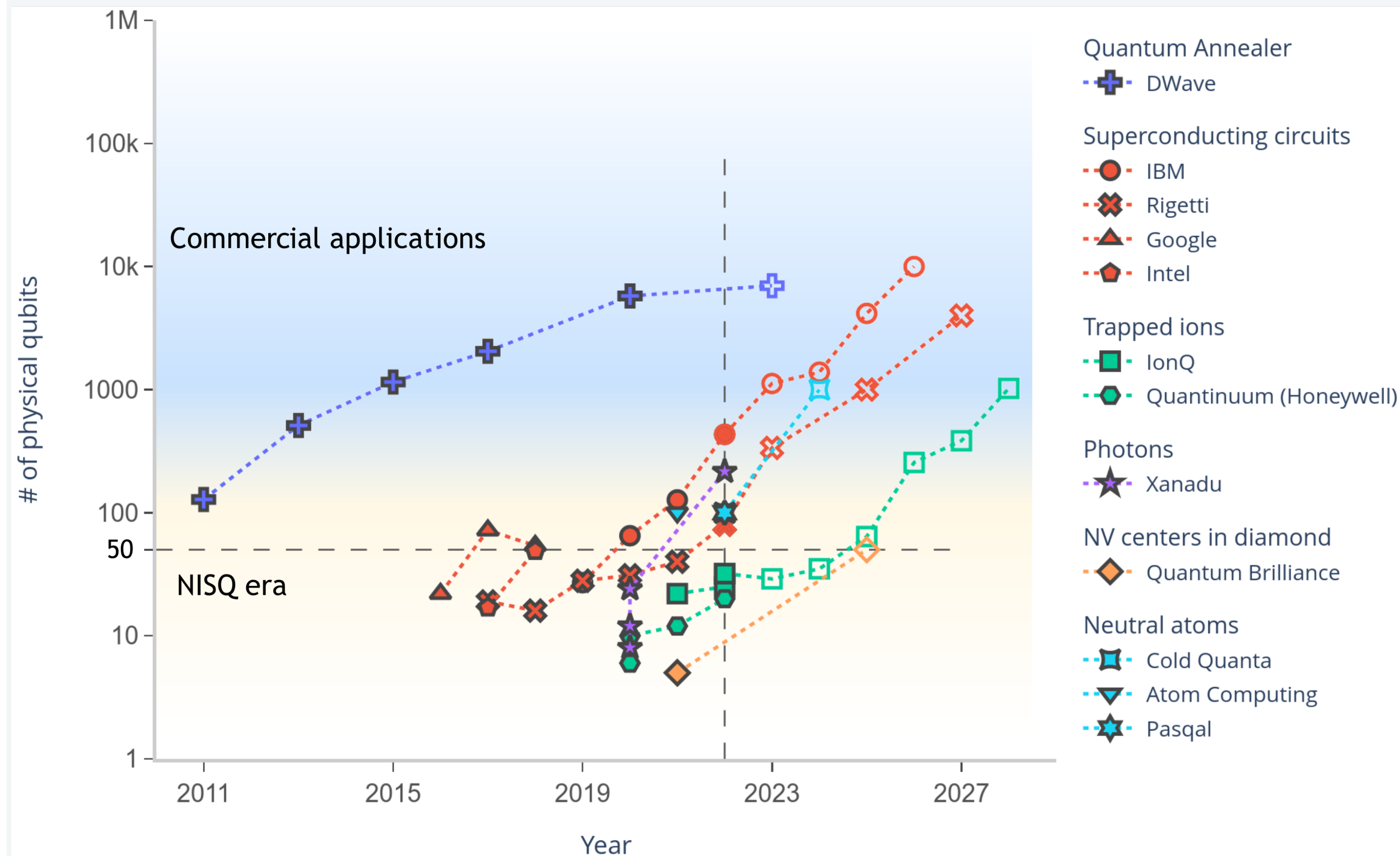


Quantencomputer

Ein Quantencomputer ist ein Computer, der mit Quantenzuständen statt mit klassischen Bits arbeitet. Da das Verhalten dieser Zustände den Gesetzen der Quantenmechanik statt der klassischen Physik folgt, treten Effekte wie Superposition und Verschränkung auf. Diese Effekte will man ausnutzen, um Probleme effizienter zu lösen als sie auf einem klassischen Rechner lösbar wären. Es existieren aber auch Limitierungen wie das No-Cloning-Theorem und die Veränderung des Quantenzustandes bei Messungen.



Bisher sind nur Quantum Computer mit wenigen Qubits und hohen Fehlerraten vorhanden, weshalb man von Noisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ) Ära spricht.

Quanten Algorithmen

Entwicklung neuer Algorithmen:

- Grover-Algorithmus
- Shor-Algorithmus

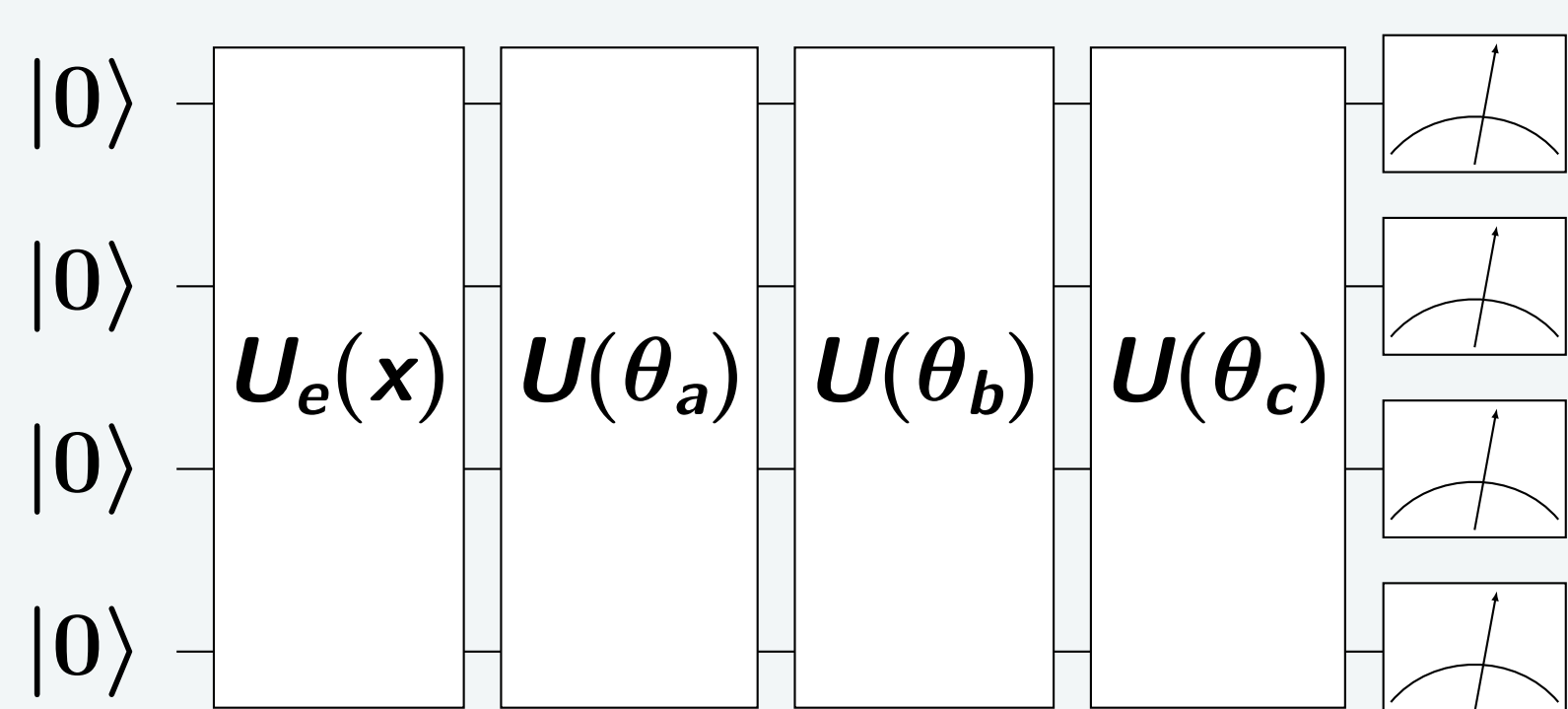
Quanten-Varianten klassischer Algorithmen:

- Random Walk → Quantum Walk
- Simulated Annealing → Quantum Annealing
- Genetischer Algorithmus → Quanten Genetischer Algorithmus
- Neuronale Netzwerke → Variationelle Quantenschaltkreise

Oft werden hybride Algorithmen verwendet, bei denen ein Teil des Algorithmus auf einen Quantencomputer und ein Teil auf einem klassischen Computer ausgeführt wird.

Variationelle Quantenschaltkreise (VQC)

- Hybrider Algorithmus für Maschinelles Lernen
- Inspiriert von Neuronalen Netzwerken
- Quantenschaltkreise mit Parametern
- Klassischer Computer optimiert Parameter
- Verschiedene Strukturen möglich
- Durch geringe Schaltkreistiefe auch in der NISQ Ära möglich



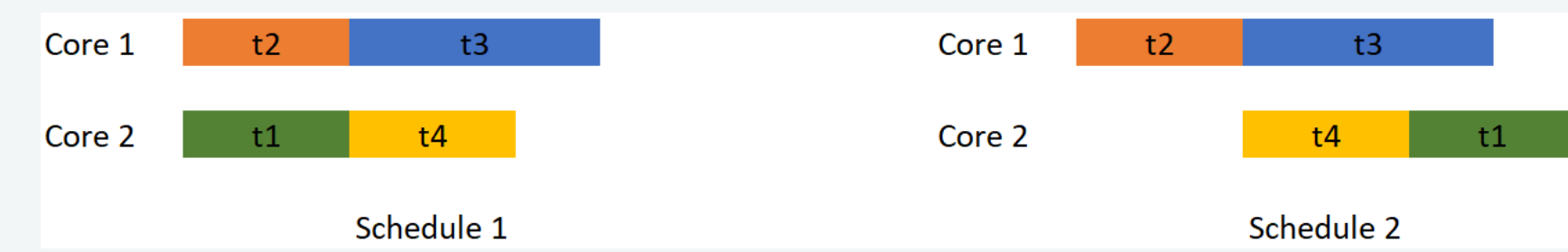
Beispiel für ein VQC. Der erste Operator codiert die Eingabe als Quantenzustand. Danach ändern drei Operatoren U den Quantenzustand mit Parametern θ_i .

Die Codierung der klassischen Daten in Quantenzustände und die Interpretation der gemessenen Werte bestimmt die Anzahl der nötigen Quantenbits (Qubits).

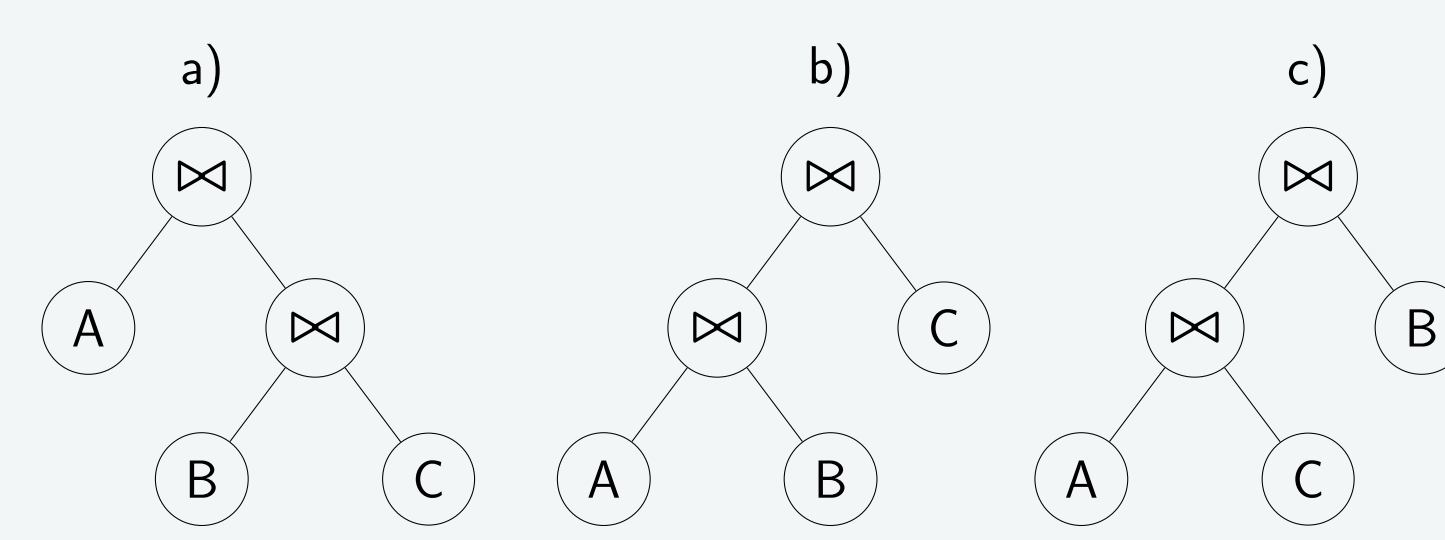
Datenbankoptimierung

Datenbanken werden in vielen Anwendungen verwendet mit meist großen Datenmengen und vielen Klienten. Es gibt mehrere Aspekte zu optimieren:

- **Anfrage:** Eine einzelne Operation auf der Datenbank mit mehreren möglichen Ausführungsreihenfolgen
Optimierung durch Umschreiben für eine effizientere Ausführung. Für manche Operationen trivial aber für manche komplex
- **Transaktion:** Ein Block aus einer oder mehreren Anfragen mit möglichen Konflikten zu anderen Transaktionen
Optimierung durch Ändern der Reihenfolge der Transaktionen mit einer Verteilung auf die Kerne



Transaktionsoptimierung: Durch einen Konflikt zwischen t_2 und t_4 braucht Schedule 2 länger, da t_4 auf t_2 warten muss.

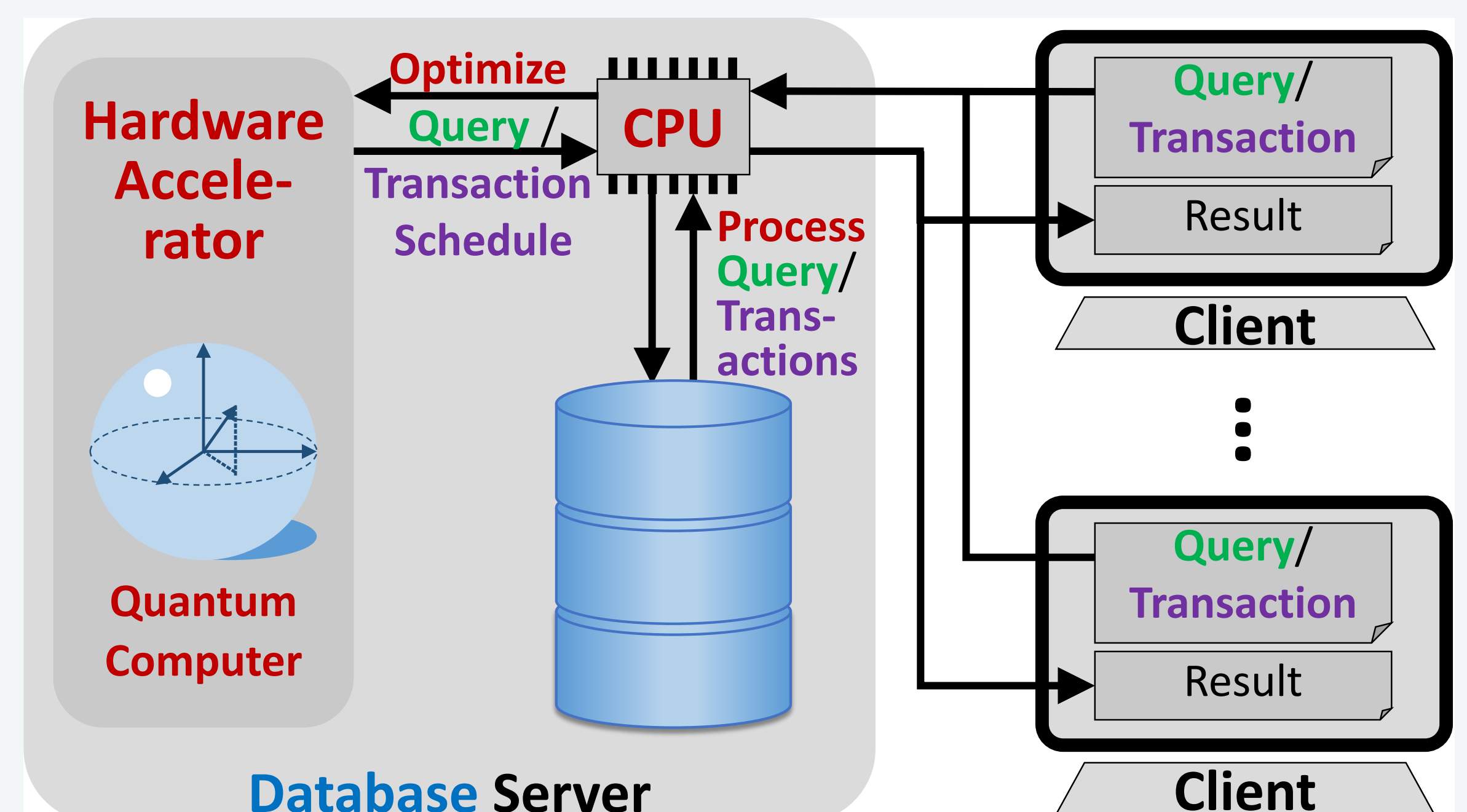


	1. Join	2. Join
a)	100	3
b)	20	3
c)	6	3

(a) Ergebnisse der Joins

Anfrageoptimierung: Ein Join von drei Tabellen A, B und C. Jede Reihenfolge führt zum gleichen Endergebnis aber mit unterschiedlich vielen Zwischenergebnissen und damit unterschiedlichen Ausführungszeiten.

Quantencomputer in Datenbanksystemen

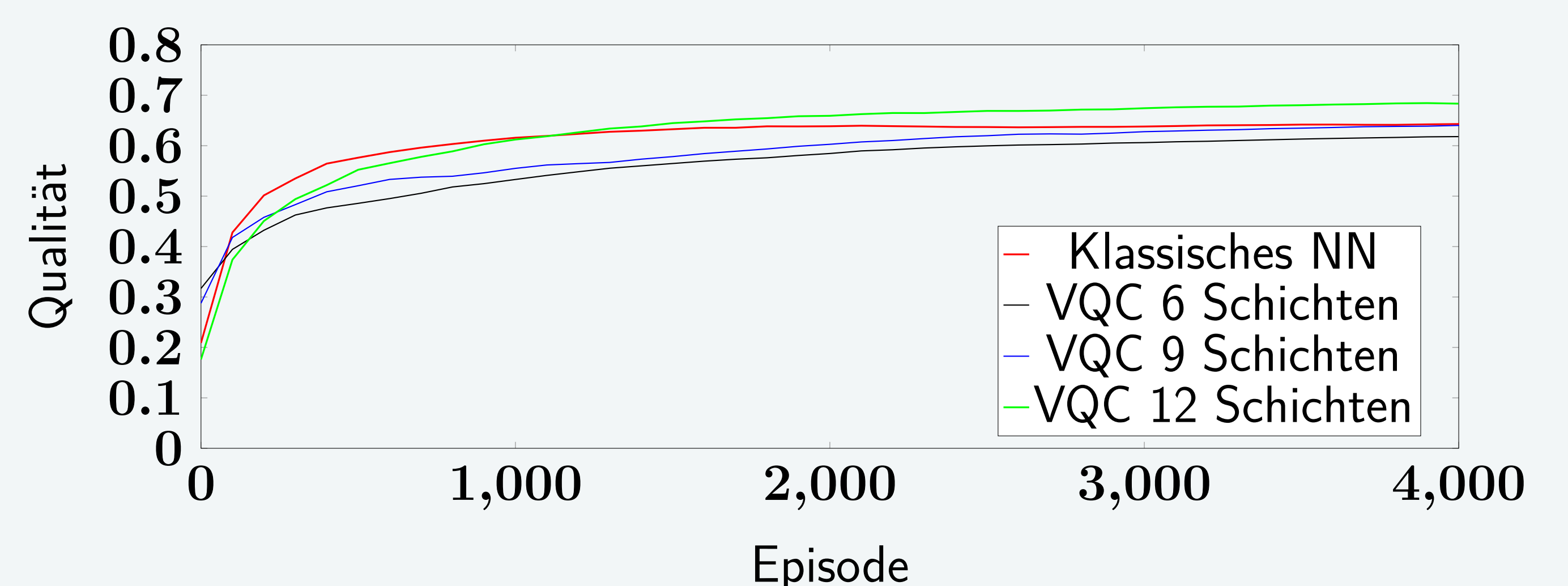


Eine Datenbank kann Hardwarebeschleunigung für die Optimierung von Transaktionen und Anfragen nutzen. Für dies kann eine GPU, ein FPGA oder auch ein Quantencomputer genutzt werden.

Maschinelles Lernen mit Quantencomputern für Datenbanken

Wir haben eine Methode für die Optimierung der Join Reihenfolgen durch maschinelles Lernen entwickelt, die auf einem VQC basiert.

- Definieren einer Funktion für die Qualität einer Join Reihenfolge
- VQC soll lernen diese Qualität vorherzusagen
- Joins von 4 Tabellen über Fremdschlüssel mit 15 verschiedenen Join Reihenfolgen
- Kodieren einer Tabelle in einem Qubit
- Bestimmung der Laufzeiten für alle möglichen Join-Reihenfolgen mit PostgreSQL



Vergleich von VQCs mit unterschiedlich vielen Schichten und einem klassischen neuronalen Netzwerk mit einer versteckten Schicht